臺灣的臭氧化污染分析

An Analysis of the Ozone Pollution in Taiwan

柳 中 明

Chung-Ming Liu

台灣大學大氣科學系

Dept. of Atmospheric Sciences,

National Taiwan Univ., Taipei, Taiwan, R.O.C.

摘 要

本文分析1989年環保署監測之O_3、NO與NO_2資料，指出台灣臭氧污染問題嚴重。北部地區以夏季爲明顯，南部地區以春、秋季爲明顯。其中南部秋季時，O_3小時濃度超過國家標準120ppb的次數相當驚人。又以七賢站爲最顯明，一年內超過50次。在北部則以板橋站爲代表。基本上，北部地區交通污染嚴重，NO/NO_2比值大，NO且濃度亦大，但在夏季晴朗炎熱時，易出現午時高臭氧濃度。而中南部地區，交通污染較輕微，但晴朗日的出現頻率高，若配合適當之低風速環境，則一日內可持續出現約11小時的高臭氧狀態，非常值得注意。近年內，國內空氣污染均爲懸浮微粒(PM10)爲主因，而臭氧污染問題在PSI(空氣污染指標)的計算過程中被掩蓋住，值得重視。

ABSTRACT

In this paper, we have analyzed the air-quality data collected by EPA during 1989. The results indicate that the ozone pollution problem is quite serious in Taiwan. In northern area, the pollution is most obvious in summer. Whereas, in southern Taiwan, the pollution is most serious in spring and autumn. For instance, the Chigsien station located near Kaohsiung observes more than 50 times of hourly mean ozone concentration exceeding the national standard of 120 ppbv. Basically, the traffic emission is serious is serious in the northern Taiwan, where the concentration of NO is high and the ratio of NO/NO_2 is also large. During hot summer day, the frequency of observing noon-

time ozone peak is high. Meanwhile, in the southern area, the traffic emission is light, but the industrial emission of NO is considerably large. Also, the chance of having clean shiny day is high. Hence, in a staganant condition, we can observe a continuous 11 hours of high ozone level. In the recent years, the Taiwan pollution index keeps showing that aerosol (PM10) is the most serious pollutant in Taiwan. But the problem with ozone pollution can not be ignored any more.

前　　言

自50年代以來，光化污染問題已成爲世界性的困擾。早期以美國洛杉磯光化煙霧爲最顯著，近年來歐亞大陸各大都市出現類似現象。而此都市內大量汽機車排放廢氣(包含碳氫化合物與氮氧化合物)，經光化反應所生成的光化物質(臭氧、PAN等) (Seinfeld 1986)，又經大氣傳送而散播至鄉村地區。因此在美國東岸夏季，廣泛的地區均能長期持續地出現臭氧大於80 ppb的情形(Logon 1989)，類似的現象亦出現在英國(Weston *et al.* 1989)，日本(1983：Yoshi kado and Mizuno 1985) 等地。所以Bojkov R. D. (1988) 提出近一世紀以來，對流層內臭氧，尤其是近地面背景大氣中的臭氧含量已約增加 1 倍，且是以每年增加1.2%的速率在上升中(Penkett 1988)。

由於大氣是流動的物質，在甲地聚集生成的臭氧會傳送至乙地、丙地，但亦可能再傳送回甲地。因此世界各國在進行近地面臭氧的觀測與分析工作中，並不將重點局限於都市人口聚集區，而是同時進行都市、鄉村，甚至山區與偏僻地區的資料數集與比較。(Bower *et al.* 1989)。在本地區，有關臭氧的研究分析，首先爲蔡(1988)整理1986年9月至1987年8月間環保署台北與高雄地區資料，研究結果指出台北地區臭氧高濃度出現於秋冬季，而高雄地區出現於秋季且出現頻率較台北爲低。爾後，柳(1989，1990)則以大台北地區的臭氧資料爲分析重點，並指出高濃度臭氧四季均可能出現，主要而配合晴朗天氣、少雲、低風速等有利於臭氧生成與累積的環境。並於1989年夏季進行密集觀測，以詳細了解高臭氧濃度出現時之氣象環境特徵。柳(1991)進一步分析環保署在1985年～1989年間19個測站的資料，初步指出南部地區春、秋季臭氧經常出現小時濃度大於120 ppb的情形，月平均值亦遠較北部地區爲高。

本文分析1989年環保署監測之O_3、NO與NO_2資料，以期望對台灣近地面臭氧的特徵作更深一步的認識，並期望找出與NO、NO_2間之關聯。未來待全島66個測站建立完善後，將可進行鄉村、郊區、城市區、工業區等之比較分析。

材料與方法

環保署測站分佈如圖 1 ，區分爲：

北區(Area 1)：松山、永和、板橋、三重、基隆等共 5 個站。

桃竹南區(Area 2)：中壢、新竹、頭份等共 3 個站。

中區(Area 3)：台中、彰化、嘉義等共 3 個站。

南區(Area 4)：楠梓、鳳山、復興、七賢、三民、台南等共 6 個站。

東區(Area 5)：花蓮站。

分析重點，主要在探討近地面臭氧特徵，區分爲年特徵、逐日變化、逐時變化，與NO，NO_2 之相關等。由於近地面臭氧在入夜混合層降至近地面後，會與近地面NO進行$NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$的快速反應，並進行自然沈降(deposition)，所以入夜後近地面臭氧會急速減少，直到二日清晨日出後，當混合層逐漸擴張時，才會因上層臭氧向下傳送，與近地面光化反應生成臭氧，而致臭氧緩緩增加，直至出現最高值於午時。午後則多因近地面風速強盛與混合層內物質均勻混合，而致近地面臭氧逐漸減少。所以若計算臭氧之長期平均值，常會因晚上低值出現時間長，而致獲得非常低的數據。所以本文在分析時，亦計算6－17點間日最高臭氧濃度之年或月平均，以了解午時高值特徵。

另外，爲了解資料之統計分佈特徵，尙計算50%百分率值(50% percentile)與98%百分率值(98% percentile)，也就是尋找50%或98%的數據小於何值。

再者，臭氧濃度超過80 ppb與12 ppb的出現小時數，本文亦予以統計，以了解各站出現此些高濃度的情形。選擇80 ppb與100 ppb爲參考值的原因爲：前者是日本的警示濃度，後者爲本地與美國的警示濃度。

最後，爲了解各站實則NO、NO_2與O_3的相關，亦計算NO/NO_2平均，以研究其可能之參考價值。

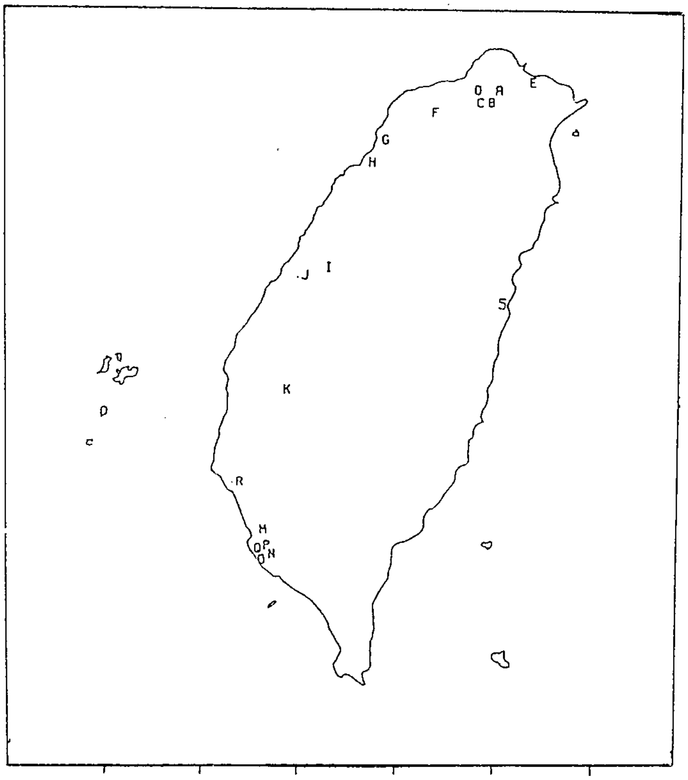

圖 1　台灣地區測站分布圖

表1 1989年北區各站年平均資料 SO_2/CO, NOX/CO, NO/NO_2 與PM10/CO比值，CO年平均濃度，與各站特性

1989年 年平均	北區					桃竹苗區			中區			南區						東區
	松山	永和	板橋	三重	基隆	中壢	新竹	頭份	台中	彰化	嘉義	楠梓	鳳山	復興	七賢	三民	台南	花蓮
SO_2/CO	1.9	1.2	1.3	0.27	2.3	1.2	1.8	8.1	1.6	3	2	6.9	1.53	1.1	1	1.3	3.5	1.8
NOx/CO	3.2	3.1	3.3	2.4	5.1	2.8	3.5	6	3.42	3	2.4	8	2.1	1.9	1.8	2.6	2.4	2.6
NO/NO_2	2.67	1.92	1.47	3.79	2.71	1.59	0.73	1.37	1.08	1.29	0.75	1.5	0.65	0.87	0.84	0.51	1.02	0.91
PM10/CO	3.3	3.5	3.3	2.0	4.6	3.2	9	12.5	5.5	11	8.8	20	5.9	4.9	4.8	8.8	3.6	4
CO (ppdm)	22.3	26.9	28.6	72.3	23.6	25.7	9.8	7.2	17.5	9.8	15.3	6	17.5	26.7	19.3	13.3	17.5	5.1
特性	2	2	2	1.6	2, 4 5, 6	2	3,4	3,4 5,6	3,6	3,5,6	3,6	3,4 5,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,5	7

特性：1.交通站，高CO＞30，高 NO/NO_2 ＞3。

說明：2.高CO，近交通要道的一般站，30＞CO＞20，2＞ SO_2 ＞1，3＞ NO/NO_2 ＞1.5，3＞NOx/CO/2，PM10/CO＜4。

3.低CO，近交通要道的一般站，CO＜20，2＞ SO_2/CO ＞1，3＞NOx/CO＞2，NO/NO_2 ＜1.5，PM10/CO＜4。

4.附近工廠排放NOx，NOx/COx/CO≧3.5。

5.附近工廠排放 SO_2，或大型車排放 SO_2，SO_2/CO ＞2。

6.附近工廠、建築、自然環境、車輛活動等造成高懸微粒排放比率，PM10＞100 or PM10/CO＞4。

7.一般背景站，CO/10，NO/NO_2 ＜1。

表 2　1989年各站臭氧年特性分析

ARWA	CODE	1989 STATION NAME	$[O_3]$ ANNUAL MEAN (ppb)	$[NO]/[NO_2]$ ANNUAL MEAN	6-17HOUR $[O_3]$ MAX-MEAN (ppb)	6-17HOUR [NO] MAX-MEAN (ppb)	[NO] ANNUAL MEAN (ppb)	$[O_3]$ DIALY MAX (ppb)	50TH PERCENTILE (ppb)	98TH PERCENTILE (ppb)	$[O_3]$ 80-100 NUMBER OF HOUR	$[O_30$ 100-120 NUMBER OF HOUR	$[O_3]$ 120 - NUMBER OF HOUR
1	a	SUNG-SAN	9.64	2.67	28.33	88.66	50.56	169	20.64	52.69	27	7	5
	b	YUNG-HO	13.73	1.29	31.62	103.63	53.85	148	20.74	52.47	13	3	2
	c	PAN-CHIAO	12.48	1.47	36.43	90.24	52.98	194	21.16	73.08	56	32	31
	d	SAN-CHONG	8.51	3.79	19.42	235.32	134.43	130	20.27	39.78	2	2	2
	e	KEE-LUNG	8.50	2.71	19.71	132.10	85.87	99	20.20	39.63	7	0	0
2	f	FHUNG-LI	13.39	1.59	31.45	88.37	42.16	108	20.92	56.25	17	1	0
	g	HSIN-CHU	15.35	0.73	31.56	36.21	13.80	101	21.02	55.27	22	1	0
	h	TOU-FEN	16.46	1.37	38.96	46.40	24.38	124	21.52	61.76	26	7	2
3	i	TAI-CHUNG	18.86	1.08	44.90	48.75	15.54	152	23.36	76.89	57	10	7
	j	CHAN-HWA	15.11	1.29	38.14	27.57	15.09	127	21.44	59.55	27	1	2
	k	CHIA-YI	17.61	0.75	50.48	31.26	15.28	112	23.06	73.92	53	7	0
4	m	CHIA-TZU	17.15	1.50	46.79	49.20	25.43	173	23.15	73.74	48	12	3
	n	FUNG-SAN	15.79	0.65	47.67	25.32	13.29	122	22.38	76.32	87	27	1
	o	FU-SING	19.13	0.87	47.00	56.95	23.25	141	23.40	75.72	63	8	3
	p	CHI-HSIEN	18.45	0.84	50.81	31.06	14.32	198	23.09	87.26	82	49	52
	q	SAM-MING	19.57	0.51	49.04	25.53	11.60	139	23.76	76.89	66	16	5
	r	TAI-NAN	18.22	1.02	43.70	46.22	22.62	157	22.83	82.96	93	37	13
5	1	HWA-LIEN	12.51	0.91	23.00	16.80	9.71	62	20.10	39.44	0	0	0

結　　果

3.1 年平均特性

表 1 詳列各站年平均值所計算之SO_2/CO，NOx/CO，NO/NO_2與PM10/CO比值，和CO年平均濃度，此簡表可供了解各站的特性。表 2 則詳列各站年平均的O_3值，NO/NO_2值，6－17時最大O_3值，6－17時最大NO值，與NO平均值，以及一年內最大之小時O_3值，80 ppb，介於100 － 120 ppb與大於120 ppb的小時總數。

(一)北區

北區各站都爲高CO的一般站或交通站，NO/NO_2比值大於1.5，表示NO反應形成NO_2的速率緩慢。比較6－17時間最大NO濃度的年平均值，可發現北區各站均在88.66 ppb以上，三重站且爲235.3 ppb，遠大於其他地區。NO年平均值則在52.98 ppb以上，三重站達1344.43 ppb，遠大於其他地區。而，臭氧年平均值最高爲永和站13.7 ppb，臭氧6－17時大濃度年平均值最高爲板橋站36.43 ppb，二者均較其他區域(除東區外)之相對應值爲低。不過比較50% percentile與98% percentile，則並未顯現較其他區域爲低，表示北區各站一年中仍會出現多次高臭氧濃度。此點可由年最高小時濃度介於99～194 ppb間，同時大於80 ppb之總小時數可達119次等看出。由於高NO/NO_2的特性，所以出現高臭氧濃度的機會必定與季節性强烈日射的機率相關。

值得注意的是50% percentile值約在20 ppb附近，均大於各站的年平均值，顯示夜間低值出現次數太多，所以分析時若僅注意年平均值，是無法掌握數據中主要部份。至於98% percentile則多在50% percentile的一倍以上，顯示臭氧濃度在大於20 ppb以上，均呈急速上升至相當高值，所以資料的擴散性大。此外98% percentile均大於各站年平均的6－17時最大濃度，表示仍有許多陰雨日出現，影響當日臭氧累積，所以當計算6－17時最大濃度的長時間平均值時，此些陰雨日資料會影響平均值；當然即使在晴日下，若高NO與高NO/NO_2的情況出現頻繁，或區域性風速大，亦會影響臭氧的累積。

另外計算各站臭氧之50% percentile/年平均，98% percentile/50% percentile，與98 % percentile/6-17hr max. mean 等比值。北區各站的50% percentile與年平均的比值均大於1.51，也即彼此差距50%，顯示低值的數據相當多，尤其是三重與基隆二站。98% percentile與50% percentile的比值則大於1.96小於3.45，顯示各站仍有高臭氧濃度出現，不過此比值愈小表示高濃度較低與出現頻率較少，此又以三重與基隆與顯著。板橋站的高比值(3.43)顯示高臭氧濃高出現機率高，表 2 顯示此站小時O_3大於80 ppb的總次數爲119，其中31次大於120 ppb的警告標準，值得注意。98% percentile與6－17時最大值年平均的比值約在1.66～2間，差距並非很大。基本上此比值愈小，表示受陰雨日影響小，比值大則反之。但各站比值接受，則顯示受大氣環境之影響相近。

北區各站附近NO濃度高，而NO/NO_2比值大，但仍有小時濃度超過80 ppb，甚至

120 ppb的記錄，顯示受季節性區域環流的影響很大，各站所測臭氧不似源自本站附近的光化生成，乃源自混合層高層下傳或上游輸入，值得深入研究。

㈡桃竹苗區

此區內中壢站較類似台北各站，所以各項資料均與北區各站相近。新竹與頭份 2 站屬低CO的一般空氣品質站，年平均NO濃度低，因此臭氧年均，6－17時最大濃度年平均，與98% percentile等均較大中壢站爲略高。其中頭份站受附近工廠排放NOx，SO_2與PM10影響，由於附近整體環境之NOx高，所以臭氧生成屬較大尺度現象，而致高濃度出現機率較多，小時濃度大於80 ppb的總次數爲35次，其中 2 次大於120 ppb。

大略上，此三站的低濃度數據較北部爲少，高濃度出現頻率高，而大氣環境影響則相近。

㈢中區三個站均爲低CO的一般站，NOx排於源主要來自車輛。三站NO年平均值均遠低於台北各站，$NO/NO_2 < 1.5$，所以臭氧的年平均值，6－17時最大濃度年平均值與98% percentile 等數據，均較北部各站爲大。各站小時濃度大於80 ppb的出現總次數，至少在30次以上，其中台中站出現74次，7次大於12 ppb。

大略上，此三站的50% percentile 與年平均的比值均少於1.5，顯示低濃度數據出現頻率少，此可能與晴日出現頻率高有關。所以高濃度出現頻率高，各站受附近大氣環境影響的情形相近。

㈣南區

南區 6 個站均爲理想的低CO一般空氣品質站，NO濃度低，僅台南與楠梓附近工廠排放NOx影響。但臭氧的年平均值，6－17時最大濃度平均值，與98% percentile等參考數據，均較北部各站爲高。各站小時濃度大於80 ppb的出現總次數，至少爲73次，其中七賢站最高嚴重達185次，且52次大於120 ppb。

大略上，明顯地因晴日多，低值少，所以98% percentile/50 percentile，值均大於3，也即高臭氧濃度出現頻率非常高；此外附近環境的影響一致。

㈤東區－花蓮站

此站爲理想的一般背景站，CO年平均小於10 ppb，而$NO/NO_2 < 1$。低NO的濃度值，雖然予以充份的光化反應機會，仍無法生成高臭濃度。此站98% percentile爲39.44 ppb，與三重站、基隆站相近，但絕非如此些站一般爲高污染站。此點可由一年內最大濃度才約62 ppb 可見。

3.2 月平均資料分析

分析全省各站之月平均臭氧變化，發現月平均資料以南區在9、10月達30 ppb爲最高。同時，除北區外，其他各地 均顯現出34，5月與9，10月的春秋高值。北區無明顯季節性變化特徵。若作全區月平均的比較，則北區濃度最低，最高濃度爲南區。

圖 2 爲全省各站 6－17時最濃度的平均變化圖。以南區濃度最高，花蓮站具最低濃度。南區七賢與台南站在10月時，6－17時的最低濃度平均可達95 ppb。大致上，中、南區仍現高

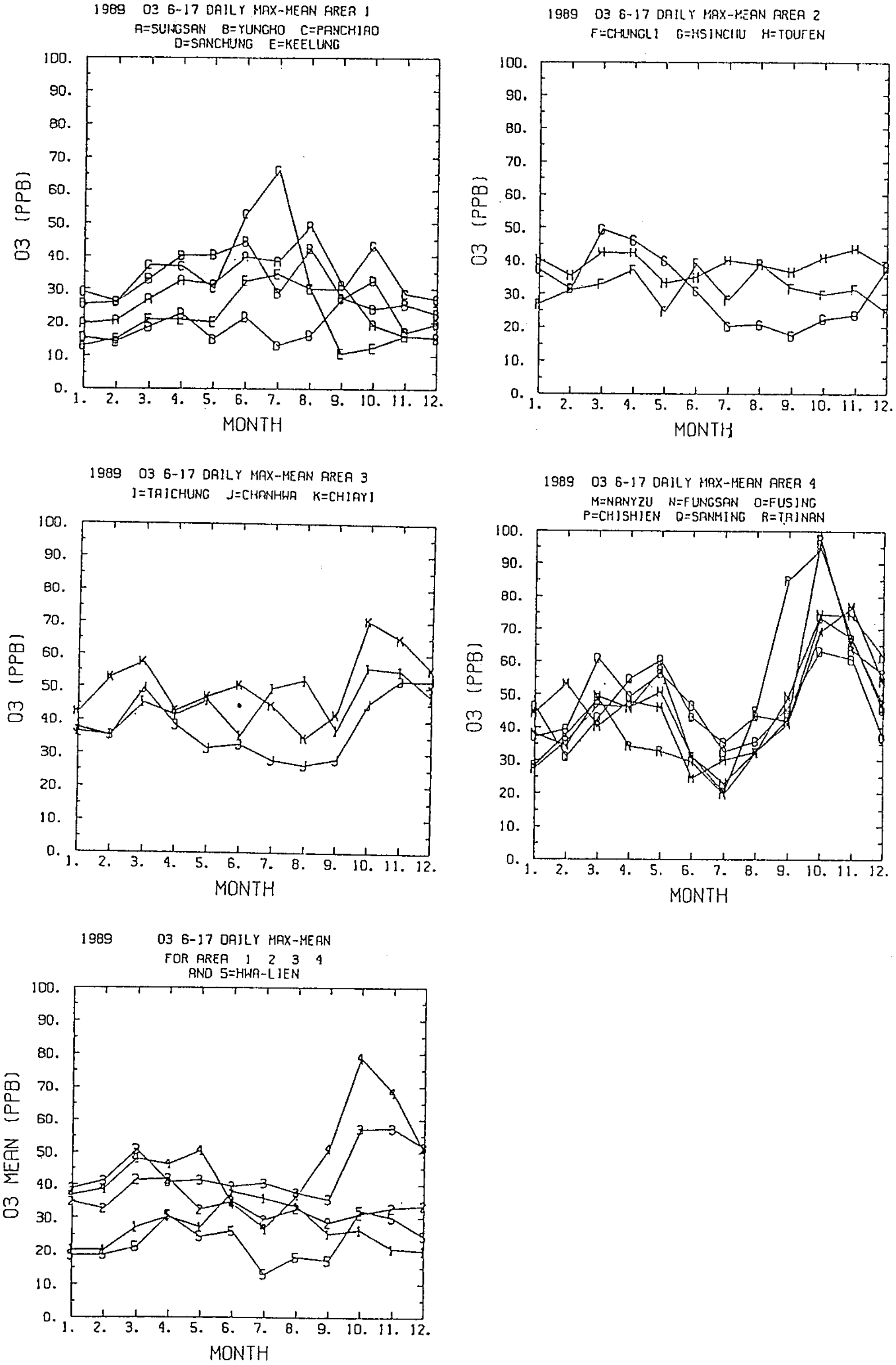

圖 2 1989年各站6-17時最大濃度月平均變化圖。最後一張為區域平均

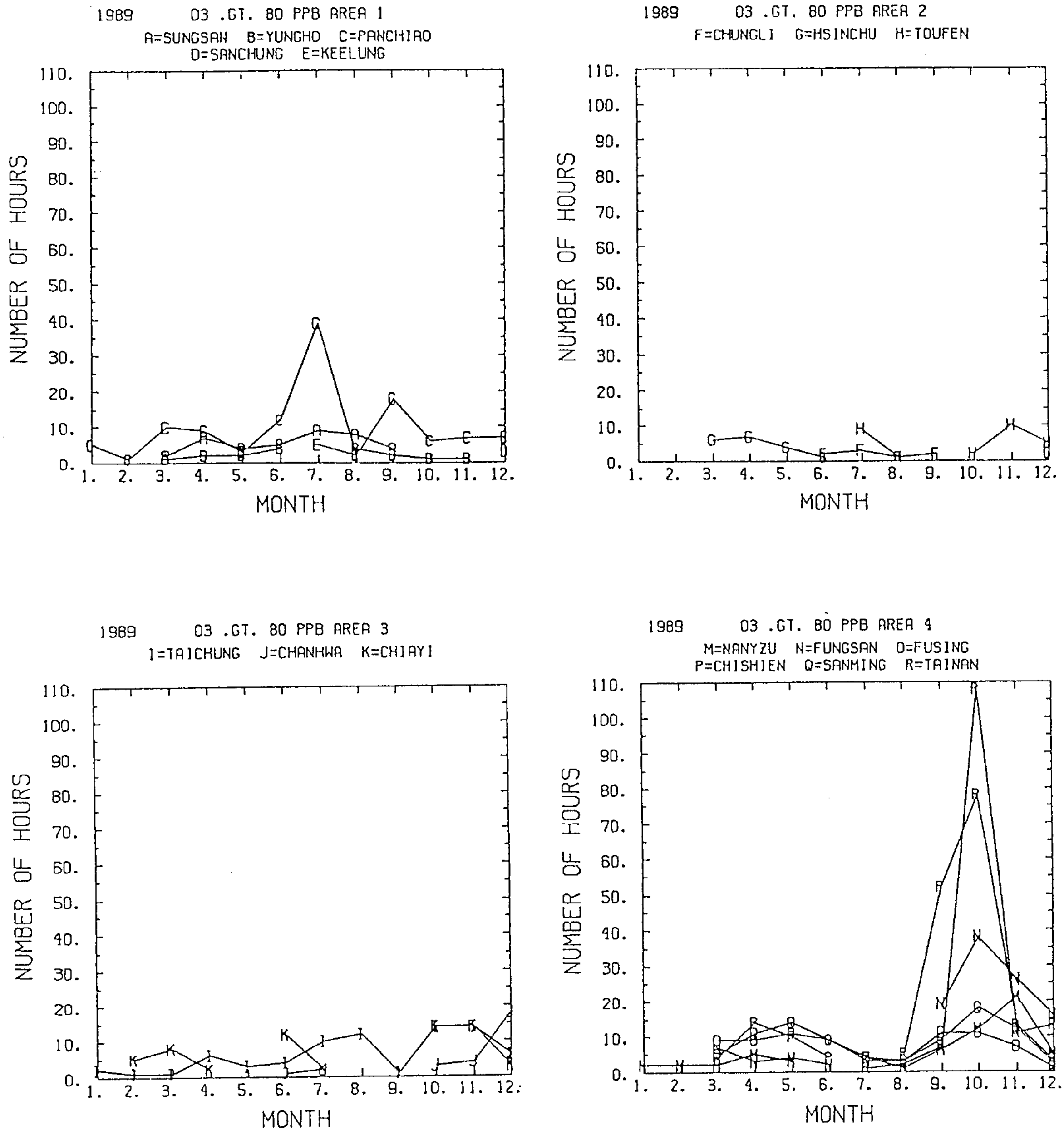

圖 3 1989年各站每月出現小時濃度大於80 ppb 的總次數分佈

值於春、秋二季。桃竹苗區以新竹站3月濃度最高，北區板橋站則明顯地高值出現在夏季。比較區域平均，則仍以南、中區濃度最(高南區10月達80 ppb)。最得注意的北區與中、南區出現高值的季節不同。

最後分析各站每月出現小時濃度大於80 ppb的總次數(圖3)，七賢站10月出現，100 次最爲驚爲人，次爲台南80次，鳳山35次，均在同一月份。北區板橋站則主要出現在7月(達40次)與9月(近20次)。其餘各站每月最多出現15次。

大略而言，6-17時最大濃度的月平均值代表每日出現最高濃度的出均特徵，所以遠大於月平均值。譬如花蓮站由於環境NO低，所以O_3濃度低，因此雖然月平均值較北區區域平均值大，但每日最大濃度的平均值就比較低。此二資料均顯示中南部出現高臭氧濃度的季節應是在春、秋季，尤其是9、10月。至於北部，則主要臭氧污染季節爲夏季。明顯地，南部春、秋季大尺度氣流緩慢，故臭氧易累積。而北部則陰雨日一向頻繁，只在夏季爲晴日多，故臭氧生成較易。

3.3 小時平均資料分析

爲了解各站的臭氧日逐時變化情形，將資料區分爲春、夏、秋、冬四季。

春季時北區各站午時臭氧最高僅達約30 ppb，其餘各站約在13、14時達40～45 ppb 間。值得注意的是桃竹苗區、中區與南區，臭氧約在8時後增加，至20時降至晚間低值，大12 小時內屬單尖峰型特徵。北區各站則白日臭氧增加至消滅的時段各自不同，譬如三重站由10～15時，板橋站則由8～19時，顯然是小區域性變化極大。不過，北區板橋站在13時出現7次大於80 ppb的紀錄，與其他地區的最高紀錄相當。

夏季時所有測站均呈現寬廣的單尖峰型逐時分佈，以北區與中區各站的午時濃度最高(平均約在45 ppb)。若計算小時濃度超過80 ppb的總次數，則北區板橋站在10時～17時均有超過80 ppb的紀錄，13時曾有13次的出現次數。南區三民站在12時則有最高的7次出現紀錄，中區最高爲5次。

秋季時，南區午時平均濃度均達45 ppb以上，七賢約爲70 ppb。次高濃度出現在中區，嘉義站午時約有60 ppb濃度。桃竹苗區內則以頭份午時40 ppb爲最高。北區則板橋站午時約30 ppb，且白日的單尖峰持續時間較其他地區均短，清晨4時左右，則有平均低於15 ppb的小波出現。計算小時濃度超過80 ppb的出現次數，七賢站自9時起，到約21時均有記錄，午時出現約27次。其次台南站午時約22次，復興站午時約15。大體上，南部各站在秋季時，出現超過80 ppb的次數相當驚人。中區則午時至多7次。北區則至多5次。

整體而言，臭氧日變化特徵各區均以單尖峰型變化爲主，大約自8時後增加，12－13時達高峰，然後漸減至19時附近，持續時間約爲11時。入夜後濃度平均約在10 ppb以下。一年內，以秋季南區臭氧高濃度最爲驚人，應與此時當地持續日射，但降雨少，風速微弱等大氣條件相關。北區則以板橋站四季均出現高臭氧濃度值得注意。北區季節小時平均除夏季爲長時間單尖峰型外，其餘3季均出現白日短時段的單尖峰型，清晨2～6時間則另有一微弱的小波變化。桃竹苗區內以中壢、頭份站均有高臭氧濃度的紀錄，但出

現次數不大。中區亦爲高臭氧濃度區，尤其在秋季期間。

3.4 測站臭氧、NO與NO_2間之相關

理論上臭氧爲NO與非甲烷碳氫化合物(NMHC)經光化反應所生成，因此高NO與NMBC，似乎生成高O_3。但是Lin *et al.* (1988)的研究，早已指出臭氧生成與NO濃度非呈線性相關。譬如固定清晨NMHC，但逐漸增加清晨NO量，則午時臭氧會先增加後減少。也即在超過某一臨界NO濃度後，多餘的NO反而會加速破壞臭氧，反致臭氧減少。基本上，現場所測的NO不可能立刻進行反應形成O_3，但卻可能迅速形成NO_2，而NO_2卻可能協助形成O_3。因此，若NO/NO_2的比值愈小，愈表示當地NO均已迅速轉變成NO_2，而在此有利環境下，O_3就可能快速成長。當然此時若環境NO量大，則可能進行$NO + O_3 \leftarrow NO_2 + O_2$的反應而致臭氧減少；反之NO太少，則亦可能無法協助大量O_3形成。因此若仔細檢查NO/NO_2比值，NO濃度與O_3的相關，應可找重要關聯性。

初步分析各站NO/NO_2比值的月平均。北區各站均大於 1 ，值得注意的是經常出現高濃度臭氧的板橋站，其NO/NO_2比值最小者。而三重站NO/NO_2約在1.5上下變動，爲北區所有站中NO/NO_2比值最小者。而三重站NO/NO_2在4月達6.25爲最高。桃竹苗區爲NO/NO_2比值次大區，其中中壢站8月時約爲3。中區則多在 1 以下，僅彰化在12月時達 4 。南區各站亦多在 1 以下，僅楠梓站在6月達4.5。區域平均後顯示北區約爲2.5，爲最高值。

將各站的月平均6－17時最大臭氧濃度值與月平均NO/NO_2值繪於圖4內。北區，臭氧與NO/NO_2的反比相關可明顯看出。即NO/NO_2比值愈大，6－17時平均最大濃度值也愈低，大略上，$NO/NO_2 < 3$，午時臭氧一定小於40 ppb。在桃竹苗區，中區內與南區內，相似特徵亦可辨認。不過，NO/NO_2比值愈小，午時臭氧平均濃度卻可能在20～100 ppb間變動。也即，NO/NO_2 比值小於2爲午時平均濃度大於50 ppb以上的必要條件，但卻不是充份條件。譬如，中、南區各站經常保持低NO/NO_2比值，但卻要在秋季，才易出現午時平均臭氧大於50 ppb的情形。所以高臭氧濃度在$NO/NO_2 < 2$的必要條件下，仍需配合適合的大氣適合的大氣環境才會形成。

其次比較月平均6－17時最大臭氧濃度值與月平均6－17時最大NO濃度值的相關(圖5)，基本上，6－17時間最大NO濃度，主要出現在早上交通尖峰期間，所以本相關性分析，即在探討清晨平均的NO濃度與午時平均濃度的相互關聯。圖5顯示出與圖4的類似關係，也即清晨NO濃度與午時O_3濃度呈現反比關係。尤其在北區，清晨NO平均濃度大於100 ppb，則午時臭氧濃度小於40 ppb。其他三區亦配合相似狀況，但在清晨平均NO濃度小於100 ppb下，卻可能出現午時臭氧濃度介於20～100 ppb間。再一次地，清晨平均NO濃度小於100 ppb爲午時高臭氧濃度的必要條件，但不是充份條件。

總　　結

本文內詳細分台灣各站臭氧的特性，主要結論爲：

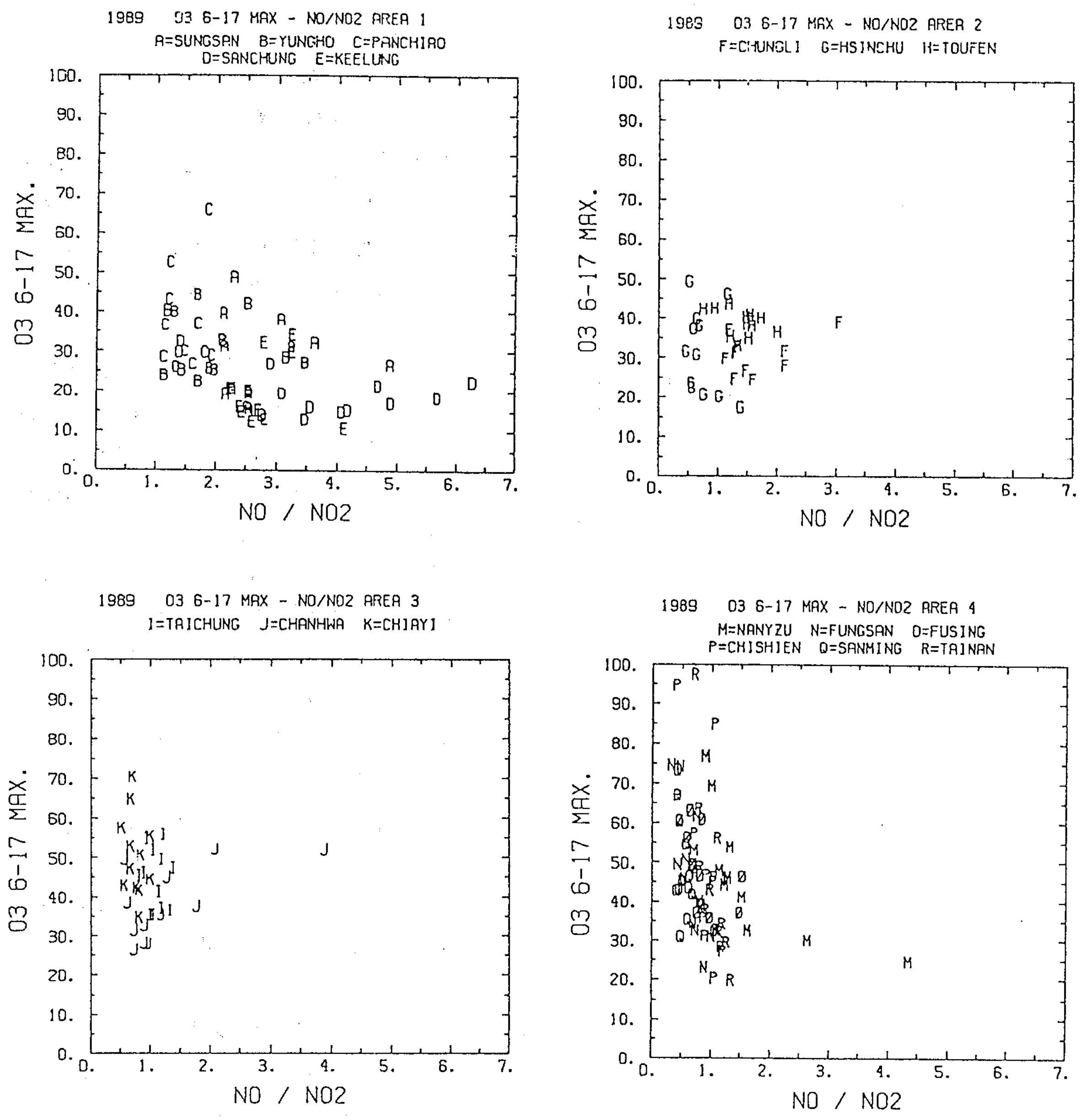

圖 4 1989年分區各站月平均6-17時最大濃度值與月平均 NO/NO_2 的相互關係圖

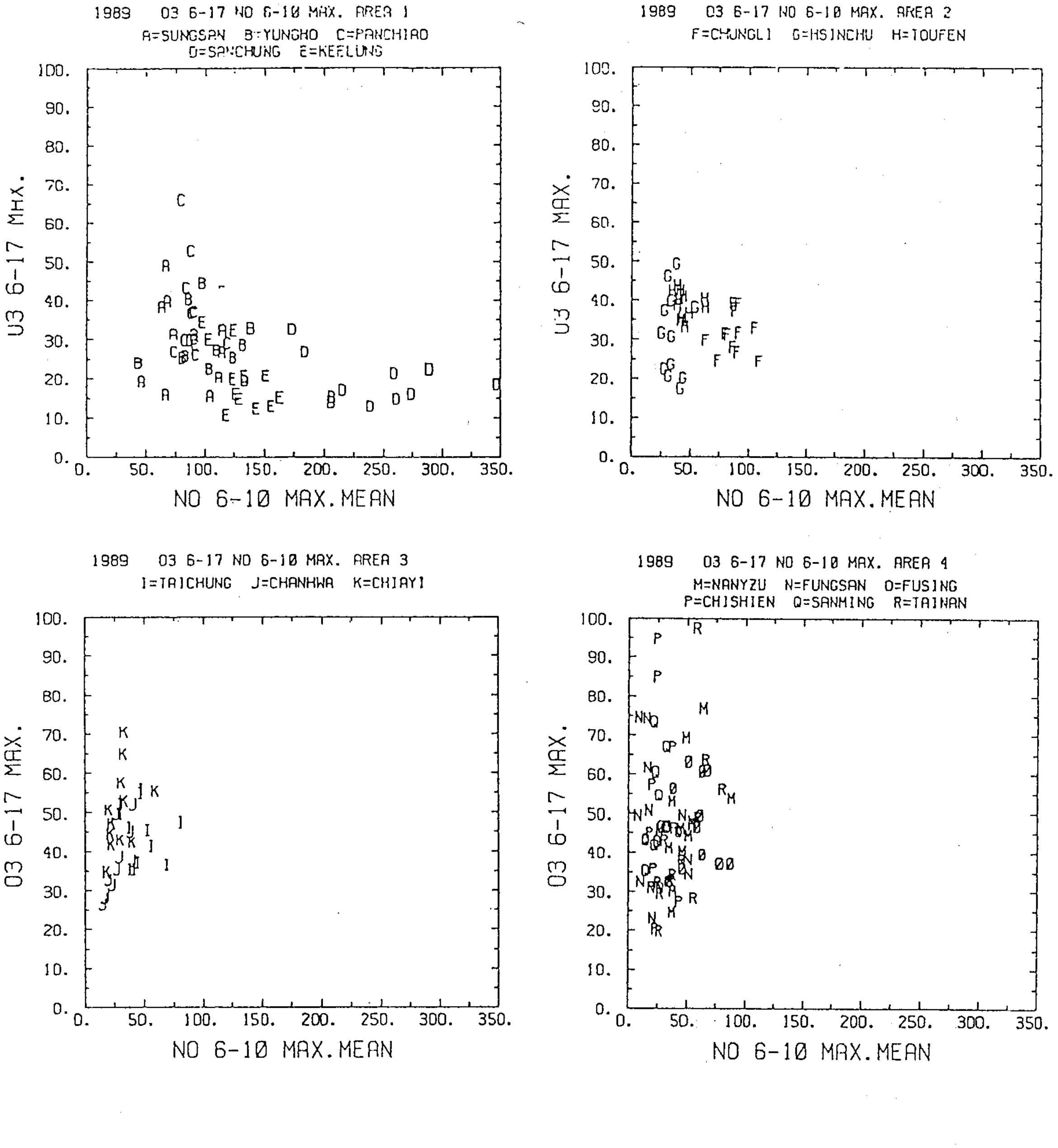

圖 5 1989年分區各站月平均6-17時最大臭氧濃度值
與月平均6-17時最大NO濃度值的相互關係圖

(1)臭氧數據中有許多低值，因此若分析如年平均、月平均等特徵，並無法明確了解臭氧特性。但若分析6－17時最大濃度的平均值，50％ Percentile與98% Percentile，則可以看資料分佈狀況，配合上分析小時濃度超出80 ppb的次數，則可以看出污染嚴重性。

(2)北部各站雖然環境NO高，但NO/NO_2比值大，所以整體而言出現低濃度的機率高，而致臭氧年平均值，6－17時最大濃度年平均值與98％ Percentile均較其他地區爲低。但是一年內出現小時濃度大於80 ppb，甚至於120 ppb的頻率仍相當大，同時一年內的最大小時濃度亦可與其他地區相當。此點顯示(1)本地高層或氣流上游區含高臭氧濃度，在氣象環允許時，即造成本地臭氧累積：(2)本地建築密度高，氣流停滯機率大，所以在適當的臭氧生成環境下，臭氣累積迅速。此2點均應受季節性環流影響極大。大略上，以夏季爲佳。

(3)台中以南各站特徵相似，由於晴日出現頻率高，所以低濃度出現較少，高濃度出現機率增加，一年內以小時濃度大於80 ppb的總次數至少爲30次，值得注意。尤其是南部各站在低環境NO濃度與充份進行光化反應的高機率下，臭氧濃度在七賢站一年就有52次超過120 ppb 的警告標準，值得注意。大略上，以秋季最嚴重。

(4)相對於懸浮微粒污染，目前中南部各站的臭氧污染問題，在計算每日PSI值得並未顯現出來。未來在車輛數持續增加，而懸浮微粒染經有效控制情況下，將會突顯出臭氧污染問題。

(5)中、南與桃竹苗區各站白日臭氧特徵爲寬廣(持續約11小時)的單尖峰型特徵，北區則僅在夏季出現相似特徵，其餘3季白日單尖峰持續時間短，且清晨2－6時小波幅變化。

誌　　謝

本文爲環保署EPS-81-E3L1-09-02計畫資助完成，作者感謝林宇鐘先生、朱淑華小姐等協助完稿。

參考文獻

Bojkov, R. D. 1988. Ozone changes at the surface and in the free troposphere. Tropospheric ozone. p. 88, 83-96. Isaksen, I. S. A. and D. Reidel, eds.) Dordrecht.

Bower, J.S., G.F.J. Broughton, M.T. Dando, K.J. Stevenson, J. E. Lampert, B.P. S weeney, V.J. parker, G.S. Driver, A.G. Clark, C.J. Waddon, A.J. Wood and M.L. Wi lliams. 1989. Surface ozone concertrations in the U.K. in 1988-1988 Atmos. Environ. 23: 2003-2016.

Liu, C.M. 1989. The winter and spring ozone in Taipei. (in chinese). EPA-78-002 -10-069.

Liu, C.M. 1990. The monitoring of the meteorological environment during Taipei ozone Episode.

(in chinese). EPA-79-002-01-007.

Liu, C.M. 1991. The analysis of daily air quality data in Taiwan. (in chinese). EPA-80-E311-09-04.

Logon, J. A. 1989. Ozone in rural areas of the United States. J. Geophys. Res. 94: 8511-8523.

Penkett, S. A. 1988. Indications and causes of ozone increase in the troposphere. The Changing Atmosphere, p. 38-48. Rowland, F. S. and Isaken editd I.S.A., John wiley, N.Y.

Seinfeld, J. H. 1986. Atmospheric chemistry and physics of Air Pollution. John Wiley & Sons, Inc., p. 738.

Tsay, C.H. 1988. A preliminary analysis of the Taiwan Ozone. (in chinese). EPA- 77-002-11-003.

Weston, K.J. P.J.A. Key, D. Fowler, A. Martinn and J.S. Bower. 1989. Mass Budge tstudies of photochemical ozone production over the U.K., Atmos. Environ. 23: 1349-1360.

Yoshikado, H. and J. Mizano. 1985. Dependence of the surface ozone concertration on the Harima district on the insolation and wind. J. Meteoro. Soc., Japan. 63: 1139-1146.